

«Бетоны легкие. Технические условия», по своим свойствам способный заменить ячеистый бетон и керамзитобетон в стеновых конструкциях.

Библиографический список

1. Скрамтаев Б.Г., Герливанов Н.А., Мудров Г.Г. Строительные материалы. – Ленинград: Государственное издательство строительной литературы, 1940. – С. 337-340.
2. Носков А.С., Беляков В.А. Физико-механические и теплофизические свойства новых видов пористых легких бетонов для железобетонных изделий: Монография «Проблемы и пути развития российской провинции» ч. 2 «Архитектура и строительство» гл. 3.1 «Использование современных строительных материалов и технологий» / А.С. Носков, В.А. Беляков, В.Б. Сальников; ПГСХА - Пенза, 2010. – С. 55-77.
3. Макаренко Г.Л., Тимофеев А.Е., Яконовская Т.Б., Беляков В.А. Разработка ресурсосберегающей технологии освоения торфяных месторождений / Вестник ТГПУ №3 (81); - Томск, 2009. - С. 157- 161.
4. ТУ 5768-001-03983434-99 «Блоки стеновые теплоизоляционные на основе торфяного связующего» / ООО «Научно-исследовательская и внедренческая деятельность (СОКРАТ)» - Тверь, 1999 – 12 с.
5. ТУ 0392-003-02068284-2008 «Теплоизоляция торфяная гранулированная. Торфозит» / ОАО ПИ «Тверьгражданпроект», - Тверь, 2008 – 12 с.
6. Патент - № 2393128 РФ, МПК6 C04 B 26/00. Теплоизоляционная композиция для производства строительных материалов на основе торфа / Н.О. Копаница, А.И. Кудяков, М.А. Калашникова; ГОУ ВПО «ТГАСУ» № 2008101233/03; Заяв. 20.07.2009; Опубл. 27.06.2010 Бюл. № 12.
7. Гревцев Н.В. Автореферат дис. ... докт. техн. наук Научные основы технологии торфяных композиционных материалов – Тверь, 1998. – 42 с.
8. Авторское свидетельство СССР № 1244122 С 04 В 18/38 Арболит / А.С. Жиркова, А.Н. Нарозев, В.М. Наумович, С.Г. Свиридов, И.В. Эйсенбах; Калининский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. Опубл. 16.07.86 Бюл. № 26.
9. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛЬНОГО АГЛОПОРИТОВОГО ГРАВИЯ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ

В.М. УФИМЦЕВ, студ. М.В. ФОМИН

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Зольный аглопоритовый гравий (ЗАГ) относится к перспективным видам пористых заполнителей. В сравнении с керамзитом, являющимся лидером по объемам потребления среди пористых заполнителей, ЗАГ отличается более высокими показателями плотности и значительно меньшими затратами на производство. На текущий момент в связи с активным увеличением объемов высотного и дорожного строительства ЗАГ весьма перспективен в качестве заполнителя при изготовлении крупноразмерных дорожных конструкций и в составе самоуплотняющихся бетонов для верхних этажей высотных зданий.

В отличие от керамзитового гравия, сырьевая база которого в виде вспучивающихся глин, существенно истощена, производство ЗАГ обеспечено на многие десятилетия вперед, поскольку золошлаковые отходы ТЭС по выходу соизмеримы со шлаками металлургии и относятся к лидирующим среди прочих минеральных техногенов. При этом зола-унос, как правило, содержит определенное количество остаточного углерода. Нередко уровень этого вторичного энергоресурса достаточен для полного энергообеспечения обжига ЗАГ, а в ряде случаев необходимо удалять его избыток [1]. Кроме того, технологию производства ЗАГ отличает высокая продуктивность и низкое энергопотребление [2, 3]. Она аналогична производству рудных окатышей и включает дозирование и перемешивание дисперсных исходных компонентов, включая и топливо в виде кокса или угля и полифункциональную добавку. Данная смесь именуется «шихтой». Далее шихта увлажняется, гранулируется и укладывается слоем до 0,5м на движущуюся колосниковую решетку, под которой создают разрежение до 50 Па. Обжиг ЗАГ осуществляется при выгорании топлива внутри гранул, которое воспламеняется под воздействием обработки факелом поверхности слоя шихты в начале процесса, а при его завершении готовый продукт сходит с решетки в виде гранул диаметром 10-12 мм с прочностью на сжатие в цилиндре 3-5 МПа и маркой по насыпной плотности D600-D900.

Одной из важных проблем данной технологии является подбор полифункциональной добавки к шихте, в качестве которой обычно используют глину. Она обеспечивает грануляцию шихты и, одновременно, способствует снижению температуры обжига и повышению

прочности продукта. Традиционно для этого используют пластичные глины, которые редки. Поэтому их замена на техногенный аналог весьма актуальна.

Изучали возможность и эффективность замены глины разного рода дисперсными отходами металлургических процессов. В качестве шихтового топлива в смесь минеральных компонентов вводили измельченный нефтеккокс кокс – отход глубокого разложения нефти на легкие продукты. Зола, добавка и кокс перемешивались в заданной пропорции и гранулировались на лабораторном тарельчатом грануляторе. В табл. 1 представлен химический состав золы-уноса и добавок из отходов металлургии.

Таблица 1

Химический состав золы и добавок

Материал	$\Delta m_{\text{прк}}, \%$	Содержание оксидов, % по массе					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
Зола-унос	4,30	61,20	25,10	4,80	2,30	2,50	-
Глина	11,60	55,90	16,30	7,20	5,40	1,30	-
Пыль мартеновская	5,10	1,30	7,50	61,80	1,60	8,97	11,40
Шлак 1	+4,56*	32,60	13,70	46,03	4,70	10,00	2,60
Шлак 2	+5,90*	32,70	7,60	52,00	8,70	3,30	2,90
Красный шлак	24,50	10,10	13,40	26,20	19,30	1,40	-
Огарки колчеданные	5,66	25,05	4,69	58,00	2,84	4,43	2,37

* – увеличение массы материала обусловлено окислением закисного железа.

В табл. 2 представлены их характеристики и гранулометрический состав, а в табл. 3 приведены характеристики сырьевых гранул, которых содержащих 7 % от массы сухого сырья измельченного нефтеккокса. Зола удовлетворяет требованиям ГОСТ 25818-91 Золой уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.

Обжиг гранулированной шихты осуществляли в лабораторной спекательной установке, включающей рабочую камеру в виде цилиндра диаметром 200 и высотой 600 мм, имеющей перфорированное дно из жаростойкого металла.

Таблица 2

Физические свойства золы и добавок

материалы	Насыпная плотность кг/м ³	Удельная поверхность м ² /кг	Остаток на сите
Зола-унос	692	298,0	5,8
Глина	884	944,7	2,9
Пыль мартеновских печей	945	294,2	14,7
Огарки колчеданные	1185	478,7	9,5
Шлак медеплавильный 1	1670	255	5,8
Шлак медеплавильный 2	1650	255,4	3,4
Красный шлак	935	361,8	8,0

Таблица 3

Технические характеристики сырьевых гранул

№	Состав минеральной части шихты	W, %	R _т , Н/гр	H, см	n	ρ, г/дм ³
1	Зола 85 % + глина 15 %	19,0	4,1	80	4	795
2	Зола 85 % + пыль мартеновская 15 %	21,8	4,6	80	5	815
3	Зола 85 % + шлак медеплавил.1 15 %	17,1	7,8	90	6	935
4	Зола 85 % + шлак медеплавил.2 15 %	16,7	3,2	70	4	810
5	Зола 85 % + красный шлак 15 %	12,4	13,1	>100	7	1100
6	Зола 85 % + огарки колчеданные 15 %	22,1	3,2	60	3	825

В таблице обозначено: W – влажность; R_т – точечная прочность по сжатию, H – максимальная высота сброса; n – количество сбросов с высоты 30 см до разрушения гранулы, ρ – насыпная плотность гранул.

Из представленного следует, что наилучшие показатели по прочности имеют гранулы на красном шламе и шлаке 1, а наихудшие – у продукта на огарках.

В табл. 4 приведены результаты обжигов всех 6 составов. Из представленного следует, что показатель плотности продуктов обжига как средней, так и насыпной, отличаются в меньшей степени, нежели показатели прочности. Максимум прочности обеспечивает медеплавильный шлак 1. Меньшую, но достаточно высокую прочность имеет состав на глине, а наихудшую имеет состав с добавкой огарков. По результатам определений рассчитывали ко-

эффицент конструкционного качества гравия – ККК, используя формулу: $ККК = R_c / \rho_n^2$, где R_c – прочность гравия в цилиндре, ГОСТ-9757-93 [5], а ρ_n – насыпная плотность ЗАГ в кг/л.

Таблица 4

Свойства ЗАГ на различных видах функциональной добавки

Вид добавки	Плотность, кг/м ³		Пустотность, %	Прочность на сжатие в цилиндре, МПа	Марка по насыпной плотности	Марка по прочности на сжатие в цилиндре	Коэффициент конструкционного качества
	Средняя	Насыпная					
Глина	1361,0	647	52	4,2	700	П150	6,4
Пыль мартен.	1351,2	640	52	3,5	700	П150	5,4
Шлак 1	1653,7	760	54	34,6	800	П150	8,5
Шлак 2	1510	675	55	4,3	700	П150	6,3
Красный шлак	1660	760	45	3,10	800	П125	4,1
Огарки колчед.	1300	610	47	2,00	700	П75	3,20

По показателю конструкционного качества добавки расположились в следующей последовательности: шлак 1 > глина > шлак 2 > пыль мартеновская > красный шлак > огарки.

Полученный заполнитель испытывали в составе легкого бетона при расходе на 1 м³ бетона в кг: цемента М400-500, воды-200, песка крупного от 516 до 655 и ЗАГ от 504 до 656. Бетонные смеси с ОК = 4 см укладывали в формы для образцов с ребром 70 мм и уплотняли на вибростоле в течение 15 секунд. Образцы твердели в нормальных условиях и испытывались после 7 и 28 суток твердения. Ниже, в табл. 5 приведены результаты определения свойств полученных бетонов при влажности образцов 10-12 %.

Таблица 5

Свойства бетонов на золааглопоритовом гравии

Вид добавки	Прочность, МПа		Плотность насыпная, кг/м ³	ККК
	7сут	28сут		
Глина среднепластичная	30,5	39,1	1460	18,3
Пыль мартеновских печей	22,6	28,6	1480	13,1
Шлак медеплавильный 1	31,6	38,4	1590	15,2
Шлак медеплавильный 2	26,8	28,9	1560	11,9
Красный шлак спековый	22,8	28,9	1560	9,51
Огарки колчеданные	19,1	22,0	1460	10,3

Из данных таблицы следует, что наилучшие результаты имеет бетон на гравии с добавкой глины. Образцы на шлаке 1 при почти равной с ними прочности имеют плотность на 130 кг/м³ более высокую. По этой причине ККК бетона на глинистой добавке заметно выше.

Вероятными причинами меньшей прочности техногенов в сравнении с глиной следует считать пониженное количества муллита, $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, образующегося при обжиге. Этот алюмосиликат известен в технологии керамики как минерал повышающий прочность керамического черепка. Вероятно, по этой причине продукта на огарках, которые содержат максимум оксидов железа и минимум глинозема имеет наименьшую прочность. Однако доля глинозема в составе добавки не является основным определяющим фактором. Так, в составе красного шлака содержание Al_2O_3 всего на 3 % меньше, чем в глине, однако прочность бетона на шламе значительно ниже, чем на глине.

Бетон на шлаке 1, превосходящим глину по содержанию Al_2O_3 , имеет, как отмечено, прочность максимально приближенную к продукту на глине. Но он, как все составы «железистых» добавках, имеет повышенную плотность и поэтому его ККК заметно уступает ККК бетона на глине. Низкую прочность бетона с заполнителем на шламе следует объяснять наличием в его составе 19 % CaO, который связывает кремнезем и глинозем в клинкерные минералы менее прочные, нежели муллит.

Резюмируя общие итоги проведенного исследования, следует отметить, что испытанные техногенные добавки являются достаточно функциональными в составе шихты для получения ЗАГ как пластификаторы, стимулирующие грануляцию, и упрочнители сырьевых гранул. Однако прочность гравия в их присутствии снижается, а плотность возрастает. С другой стороны, применение техногенов взамен глины, упрощает и удешевляет технологию, Одновременно исключаются затраты на содержание указанных техногенов в отвалах.

Учитывая обширный ассортимент техногенного сырья, имеющегося на текущий момент, при выборе отходов, перспективных как функциональные добавки, целесообразно уделить внимание дисперсным материалам с умеренным содержанием оксидов железа и алюминия. Особый интерес представляют из них те, которые содержат углерод, способный частично или полностью заменить кокс в шихте. Существенный резерв в повышении прочности ЗАГ посредством ввода техногенных добавок должна обеспечить оптимизация их количества и фазового состава применительно к конкретной зольной основе гравия.

Библиографический список

1. Элинзон М.П., Васильков С.Г. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов. – М: Стройиздат, 1980.
2. Уфимцев В.М. Зольный аглопоритовый гравий: развитие технологии производства и перспективы развития. // Технологии бетонов, 2008, №10, с.66-67.
3. Иванов И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций. – М: Стройиздат, 1986.-136с.
4. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. – М: Стройиздат, 1984.-255с.
5. ГОСТ 9758-93 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытания,

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

В.М. УФИМЦЕВ, студ. В.В. ТУРЫГИН

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Шлаки черной металлургии традиционно используются в производстве цемента как активная минеральная добавка к цементу. Мокрый способ производства цемента, доминировавший ранее, исключал их использование в составе сырья, поскольку шлаки при увлажнении схватываются и твердеют. На текущий момент в связи с тотальным переходом производства цемента на сухой способ появляется возможность расширить потребление шлака за счет его применения в качестве сырья. В этом случае энергозатраты на производство цемента должны значительно уменьшиться, особенно в случае использовании шлаков с повышенным содержанием извести.

Исследовали возможность использования рассыпавшихся шлаков (РШ) черной металлургии в качестве комплексного компонента в составе цементной сырьевой смеси и доменного гранулированного шлака как активной добавки к клинкеру, полученному на основе РШ. Известно, что РШ не отличаются повышенной гидравлической активностью, поскольку в нем преобладает наименее активная гамма-модификация белита. С другой стороны, отпадает необходимость в энергозатратах, связанных с измельчением шлака, что благоприятствует использованию его как сырьевых компонентов. Изучали возможность и эффективность применения РШ в составе цементной сырьевой смеси. Очевидно, что наибольший интерес представляет сочетание РШ с аналогичными по дисперсности сырьевыми компонентами – мелом и пиритными огарками. Такое совмещение позволяет исключить первичное измельчение сырья и этим существенно упростить и удешевить передел по его подготовке. В дополнение к этому использование шлака как комплексного, алюмо-известнякового, компонента, замещающего в сырьевой смеси глину и часть мела, обеспечит заметное снижение теплотрат на обжиг клинкера.

Таблица 1

Химический состав минерального сырья

Наименование материала	r_{008} , %	Содержание в %						
		$\Delta m_{црк}$	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
Известняк	12,8	43,2	0,5	0,1	0,2	65,5	0,5	-
Глина	2,8	9,2	54,1	22,3	7,8	1,4	2,4	-
Песок	8,2	-	94,7	1,5	0,2	1,1	0,5	-
Огарки	5,4	5,3	23,2	4,6	54,4	2,7	1,4	-
Мел	10,1	42,7	1,6	0,7	0,2	54,2	0,5	-
Шлак рассыпавшийся	-	-	35,9	7,9	0,8	48,2	4,7	2,5
Топливная зола	-	-	51,2	28,6	7,7	7,5	1,9	3,3

r_{008} – остаток на сите 008.